


Torque detection apparatus

Patent number: DE3816234
Publication date: 1988-12-15
Inventor: SETAKA YOUSUKE [JP]; YANASE SUMIO [JP];
TAKEUCHI KANJI [JP]; MIYAHARA MASAHIKO [JP]
Applicant: NIPPON DENSO CO [JP]
Classification:
- international: G01L3/08; G01L3/10
- european: B62D5/04; G01L3/10A; G01L5/22B
Application number: DE19883816234 19880511
Priority number(s): JP19870115271 19870512

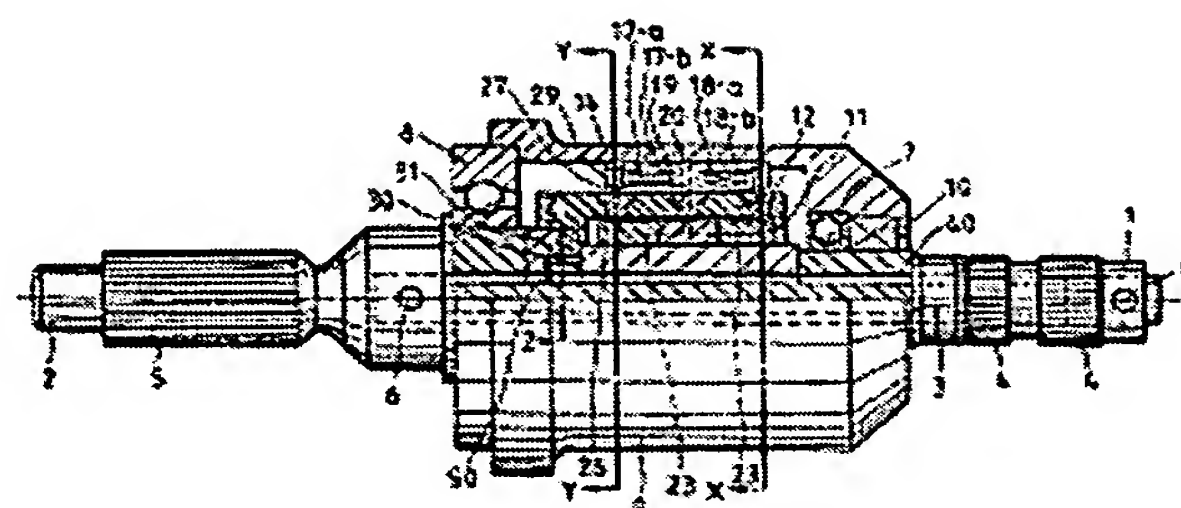
Also published as:

 US4881414 (A1)

Abstract not available for DE3816234

Abstract of corresponding document: **US4881414**

A torque detection apparatus for measuring a torque applied between a drive shaft and an output shaft which is applicable to an electric power steering system of a motor vehicle. The torque detection apparatus is provided between the drive and output shafts and comprises first and second rotating bodies which are respectively at one end portions coupled fixedly to the drive and output shafts, the first rotating body being rotatable in accordance with rotation of the drive shaft and the second rotating body being rotatable in accordance with rotation of said output shaft. The first and second rotating bodies are shaped cylindrically and the first rotating body has on its outer circumferential surface magnetic toothed portions and the second rotating body has on its inner circumferential surface magnetic toothed portions. The first and second rotating bodies are disposed coaxially so that the magnetic toothed portions are magnetically engaged with each other so as to form a first magnetic flux path and a second magnetic flux path. The torque between the drive and output shafts is measured on the basis of the difference between the amounts of the magnetic fluxes passing through the first and second magnetic flux paths.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

This Page Blank (uspto)

28691 (2)

①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑪ **DE 38 16 234 A 1**

⑤① Int. Cl. 4:
G 01 L 3/08
G 01 L 3/10

②① Aktenzeichen: P 38 16 234.2
②② Anmeldetag: 11. 5. 88
②③ Offenlegungstag: 15. 12. 88

Behördenstempel

DE 38 16 234 A 1

③⑩ Unionspriorität: ③② ③③ ③①
12.05.87 JP P 62-115271

⑦① Anmelder:
Nippondenso Co., Ltd., Kariya, Aichi, JP

⑦④ Vertreter:
Kuhnen, R., Dipl.-Ing.; Wacker, P., Dipl.-Ing.
Dipl.-Wirtsch.-Ing.; Fürniß, P., Dipl.-Chem.
Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte; Hübner, H., Dipl.-Ing.,
Rechtsanw.; Brandl, F., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 8050
Freising

⑦② Erfinder:
Setaka, Yousuke, Anjo, Aichi, JP; Yanase, Sumio,
Okazaki, Aichi, JP; Takeuchi, Kanji, Gamagori, Aichi,
JP; Miyahara, Masahiko, Chiryu, Aichi, JP

⑤④ Drehmomenterfassungsvorrichtung

Eine Drehmomenterfassungsvorrichtung zur Messung eines zwischen einer Antriebswelle (1) und einer Abtriebswelle (2) aufgebrachten Drehmoments ist anwendbar bei einem elektrischen Servolenkungssystem eines Kraftfahrzeuges. Die Drehmomenterfassungsvorrichtung ist angeordnet zwischen der Antriebswelle (1) und der Abtriebswelle (2) und weist einen ersten Drehkörper (11) und einen zweiten Drehkörper (12) auf, welche entsprechend an einem Endbereich fest mit der Antriebswelle (1) bzw. der Abtriebswelle (2) verbunden sind, wobei der erste Drehkörper in Übereinstimmung mit der Drehung der Antriebswelle (1) drehbar ist und der zweite Drehkörper (12) in Übereinstimmung mit der Drehung der Abtriebswelle (2) drehbar ist. Der erste Drehkörper (11) und der zweite Drehkörper (12) weisen Zylinderform auf und der erste Drehkörper (11) weist an seiner äußeren Umfangsfläche magnetische gezahnte Bereiche und der zweite Drehkörper (12) weist an seiner inneren Umfangsseite magnetische gezahnte Bereiche auf. Der erste Drehkörper (11) und der zweite Drehkörper (12) sind coaxial angeordnet, so daß die magnetischen gezahnten Bereiche magnetisch miteinander in Eingriff stehen, um einen ersten magnetischen Flußweg und einen zweiten magnetischen Flußweg zu bilden. Das Drehmoment zwischen der Antriebswelle (1) und der Abtriebswelle (2) wird gemessen auf der Basis der Differenz zwischen den Beträgen der magnetischen Flüsse, die durch den ersten magnetischen Flußweg und den zweiten ...



DE 38 16 234 A 1

1. Drehmomenterfassungsvorrichtung, welche zwischen einer ersten Welle und einer zweiten Welle angeordnet ist, zur Messung eines dazwischen auf- 5
gebrachten Drehmomentes, gekennzeichnet durch:

ein elastisches Teil (3) zur Kopplung zwischen der ersten Welle (1) und der zweiten Welle (2), wobei der Torsionswinkel des elastischen Teils (3) der re- 10
lativen Drehbewegung entspricht, die zwischen der ersten (1) und zweiten (2) Welle auftritt;

einen ersten Drehkörper (11), der mit der ersten Welle (1) verbunden ist, um in Übereinstimmung mit der Drehung der ersten Welle (1) drehbar zu 15
sein;

einen zweiten Drehkörper (12), der mit der zweiten Welle (2) verbunden ist, um in Übereinstimmung mit der Drehung der zweiten Welle (2) drehbar zu 20
sein, wobei der zweite Drehkörper (12) nahe an dem ersten Drehkörper (11) angeordnet ist, so daß ein vorbestimmter Zwischenraum (26) dazwischen gebildet ist;

eine Einrichtung zur Zuführung eines magnetischen Feldes welche verursacht, daß ein magnetischer Fluß über einen ersten magnetischen Fluß- 25
weg fließt, der von einem Bereich des ersten Drehkörpers (1) durch den vorbestimmten Zwischenraum (26) zu einem Bereich des zweiten Drehkörpers (12) läuft, und welches weiterhin verursacht, daß ein magnetischer Fluß über einen zweiten ma- 30
gnetischen Flußweg fließt, der von einem anderen Bereich des ersten Drehkörpers (11) durch den vorbestimmten Zwischenraum (26) zu einem anderen Bereich des zweiten Drehkörpers (12) läuft; 35

eine Einrichtung zur Änderung des magnetischen Flusses, welcher in Eingriff steht mit dem ersten (11) und zweiten (12) Drehkörper zur Änderung der Mengen bzw. Größe oder Stärke der magnetischen Flüsse, welche über den ersten und zweiten 40
magnetischen Flußweg fließen in Übereinstimmung mit einer relativen Drehbewegung, welche zwischen der ersten (1) und zweiten (2) Welle auftritt, so daß die Menge des magnetischen Flusses beim Durchfließen des zweiten magnetischen 45
Flußweges abnimmt, wenn die Menge des magnetischen Flusses, der durch den ersten magnetischen Flußweg fließt ansteigt, und die Menge des magnetischen Flusses, der über den zweiten magnetischen 50
Flußweg fließt ansteigt, wenn die Menge des magnetischen Flusses die durch den ersten magnetischen Flußweg fließt abnimmt; und

eine Signalerzeugungseinrichtung zur Erzeugung eines Signals, welches die Differenz zwischen der Menge des magnetischen Flusses, der über den er- 55
sten magnetischen Flußweg fließt und der Menge des magnetischen Flusses, der über den zweiten magnetischen Flußweg fließt, bezeichnet bzw. angibt, wobei das Signal verwendet wird, um das zwischen der ersten (1) und zweiten (2) Welle aufge- 60
brachte Drehmoment zu erfassen.

2. Drehmomenterfassungsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung zur Veränderung des magnetischen Flusses eine erste und eine zweite mit Zähnen versehene 65
Einrichtung umfaßt, die in Verbindung mit dem ersten magnetischen Flußweg stehen, und weiterhin eine dritte und eine vierte mit Zähnen versehene

Einrichtung aufweist, welche in Verbindung mit dem zweiten magnetischen Flußweg stehen, wobei die erste und zweite mit Zähnen versehene Einrichtung an dem ersten (11) bzw. zweiten (12) Drehkörper angeordnet sind, und die dritte und vierte mit Zähnen versehene Einrichtung an dem ersten (11) bzw. zweiten (12) Drehkörper angeordnet sind, wobei die erste bzw. zweite mit Zähnen versehene Einrichtung eine Mehrzahl von Zahnbereichen aufweist, von denen welche angeordnet sind, um in einer gegenüberliegenden Lagebeziehung zueinander angeordnet zu sein, und die dritte bzw. vierte mit Zähnen versehene Einrichtung eine Mehrzahl von Zahnbereichen aufweist, von denen welche so angeordnet sind, um in einer gegenüberliegenden Lagebeziehung zueinander zu sein, wobei der Anstieg und das Abfallen der magnetischen Flüsse, welche durch den ersten magnetischen Flußweg und den zweiten magnetischen Flußweg fließen, in Übereinstimmung mit den Lagebeziehungen zwischen den mehreren der Zahnbereiche der ersten und zweiten mit Zähnen versehenen Einrichtung und zwischen den mehreren von Zahnbereichen der dritten und vierten mit Zähnen versehenen Einrichtung erzeugt werden, was von dem Grad der relativen Drehbewegung abhängt, die zwischen dem ersten Drehkörper (11) und zweiten Drehkörper (12) auftritt.

3. Drehmomenterfassungsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Welle (1) und die zweite Welle (2) angeordnet sind, um einander gegenüberliegend angeordnet zu sein, so daß ihre Achsen miteinander übereinstimmen und der erste Drehkörper (11) bzw. der zweite Drehkörper (12) zylindrisch geformt sind und koaxial derart angeordnet sind, daß der vorbestimmte Zwischenraum (26) dazwischen zylindrisch geformt ist, wobei der erste magnetische Flußweg an der ersten Wellenseite und der zweite magnetische Flußweg an der zweiten Wellenseite angeordnet ist.

4. Drehmomenterfassungsvorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtungen zur Zuführung des magnetischen Feldes und die Signalerzeugungseinrichtung als Differenztransformator aufgebaut sind, welcher eine Erregerspuleinrichtung und eine Detektorspuleinrichtung aufweist, wobei die Einrichtung zur Zuführung des Magnetfeldes der Erregerspuleinrichtung entspricht und die Signalerzeugungseinrichtung der Detektorspuleinrichtung entspricht, wobei der Differenztransformator so angeordnet ist, um eine Differenz Ausgangsspannung von Ausgangsspannungen der Detektorspuleinrichtung zu erhalten, die in Antwort auf eine Erregerspannung der Erregerspannungseinrichtung erzeugt wird.

5. Drehmomenterfassungsvorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Differenztransformator zylinderförmig aufgebaut ist und um den zweiten Drehkörper (12) herum angeordnet ist, so daß ein zweiter vorbestimmter Zwischenraum zylindrisch dazwischen gebildet ist, wobei der Differenztransformator einen Kern aufweist, der einen E-förmigen Querschnitt aufweist und wobei die Erregerspuleinrichtung und die Detektorspuleinrichtung entsprechend in Vertiefungsbereichen des Kerns vorgesehen sind.

6. Drehmomenterfassungsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung zum Ändern des magnetischen Flusses ein erstes magnetisches gezahntes Rad und ein zweites magnetisches gezahntes Rad aufweist, welche auf einer äußeren Umfangsfläche des ersten Drehkörpers (11) angeordnet sind und eine mit magnetischen Zähnen versehene Einrichtung auf einer inneren Umfangsfläche des zweiten Drehkörpers (12) angeordnet ist, wobei jedes des ersten und zweiten magnetischen gezahnten Rades jeweils eine Mehrzahl von Zahnbereichen aufweist und die dritte magnetische mit Zähnen versehene Einrichtung eine Mehrzahl von Zahnbereichen aufweist, so daß die mehreren von Zahnbereichen von den ersten und zweiten magnetischen mit Zähnen versehenen Rädern und die Mehrzahl von Zahnbereichen der dritten magnetischen mit Zähnen versehenen Einrichtung so angeordnet sind, um in einem einander gegenüberliegenden Lagebeziehung zu sein, wobei die mehreren von Zahnbereichen der ersten und zweiten magnetischen mit Zähnen versehenen Räder auf dem ersten Drehkörper (11) in eine Stellung durch einen vorbestimmten Drehwinkel zueinander verschoben werden, wobei der erste magnetische Flußweg durch die Zahnbereiche des ersten magnetischen mit Zähnen versehenen Rades, den vorbestimmten Zwischenraum und die Zahnbereiche der dritten magnetischen mit Zähnen versehenen Einrichtung läuft, und der zweite magnetische Flußweg durch die Zahnbereiche des zweiten magnetischen mit Zähnen versehenen Rades dem vorbestimmten Zwischenraum und den Zahnbereichen der dritten magnetischen mit Zähnen versehenen Einrichtung läuft.

7. Drehmomenterfassungsvorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß ein nichtgezahnter Bereich zwischen dem ersten magnetischen gezahnten Rad und dem zweiten magnetischen gezahnten Rad angeordnet ist, um einen gemeinsamen Bereich des ersten magnetischen Flußweges und des zweiten magnetischen Flußweges zu bilden.

8. Drehmomenterfassungsvorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß eine Anschlageinrichtung (30, 31) zwischen der ersten Welle (1) und der zweiten Welle (2) vorgesehen ist, um den Torsionswinkel des elastischen Teils (3) bis zu einem vorbestimmten Wert zu begrenzen, so daß die erste Welle (1) und die zweite Welle (2) direkt miteinander verbunden sind.

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein eine Drehmomenterfassungsvorrichtung, und genauer solch eine Drehmomenterfassungsvorrichtung die so ausgebildet und angeordnet ist, um die Größe eines Drehmoments auf der Basis einer relativen Drehbewegung einer angetriebenen Welle bezüglich einer antreibenden Welle zu messen. Die vorliegende Erfindung kann beispielsweise in einem elektrischen Servolenkungssystem (electric power steering system) zum elektrischen Kraftunterstützen einer Lenkvorrichtung eines Kraftfahrzeuges mittels eines Elektromotors verwendet werden.

Als Servolenkungssysteme sind allgemein hydraulische Servolenkungssysteme bekannt, welche unter Verwendung eines hydraulischen Druckes betätigt werden.

Mit diesem Typ von Servolenkungssystemen sind jedoch Nachteile derart verbunden, daß deren Anordnungsposition an einem Fahrzeug aufgrund des Vorsehens von Hydraulikdruckleitungen begrenzt ist und daß weiterhin eine Möglichkeit eines ölleckens der hydraulischen Druckleitungen besteht. Ein weiteres Problem, welches in einem solchen hydraulischen Servolenkungssystem entsteht betrifft den höheren Kraftstoffverbrauch, da eine hydraulische Druckpumpe stets angetrieben wird, auch wenn kein Lenkvorgang stattfindet.

Unter Berücksichtigung der oben genannten Probleme wurden kürzlich elektrische Servolenkungssysteme entwickelt, um elektrisch die Kraftunterstützung des Lenkens mit Hilfe eines Elektromotors zu bewirken, wobei der Elektromotor mittels eines Steuerschaltkreises nur in Antwort auf die Betätigung eines Lenkrades des Fahrzeuges angetrieben wird, was zu einer freien Wahl der Anbringposition und eine Verbesserung bei dem Kraftstoffverbrauch führt. Dieses elektrische Servolenkungssystem erlaubt weiter eine leichte und geeignete Steuerung der Erzeugung des Drehmomentes gemäß der Veränderung der Fahrzeuggeschwindigkeit mittels Steuerung des Zufuhrstromes zu dem Elektromotor. Andererseits besteht ein wichtiges Problem in einem derartigen elektrischen Servolenkungssystem hinsichtlich der Notwendigkeit, eine Vorrichtung vorzusehen, die ein Drehmoment, das bezüglich einer Lenkwelle erzeugt wird, genau erfaßt. Eine bekannte Technik besteht in der Verwendung einer Drehmomenterfassungsvorrichtung vom Typ eines Dehnungsmessers (strain-gauge type), bei der die Drehmomenterfassung mit einem Sensor erfolgt, der in direktem Kontakt mit einer Drehwelle des Fahrzeuges gebracht wird. Dieser Typ einer Erfassungsvorrichtung verursacht jedoch eine Verringerung der Stabilität und Zuverlässigkeit in der Erfassung aufgrund des direkten Kontaktes mit der Drehwelle. Eine weiterhin bekannte Technik umfaßt die Erfassung der Veränderung einer magnetischen Permeabilität mit Beanspruchungsänderung, welche aufgrund des Lastdrehmomentes auftritt. Die Vorrichtung dieses Typs bringt die Tatsache mit sich, daß es schwierig ist genau das Drehmoment aufgrund eines geringen Sensorausgangswertes und Einflüssen auf die Ausgangscharakteristik aufgrund von Temperatur, zu messen. Ein weiterhin bekanntes System, wie in der JP-OS 61-2 23 525 beschrieben, ist vom Phasendifferenztyp (phase-difference type), bei dem eine Drehbewegung zwischen zwei Drehkörpern aufgrund einer Torsion mit einem Drehstab erfaßt wird, der zwischen ihnen angeordnet ist. In diesem System ist jedoch die Messung des Drehmomentes nur unter der Bedingung erlaubt, daß die Drehkörper sich in einem Drehzustand befinden, was die Schwierigkeit hervorruft, ein statisches Drehmoment zu messen. In dem JP-GM 55-36 354 ist noch ein weiterer Typ einer Drehmomenterfassungsvorrichtung beschrieben. Jedoch ist dieser Vorrichtungstyp angeordnet, um eine Torsionsmenge bzw. eine Verdrehung auf der Basis des absoluten Wertes einer magnetischen Flußdichte zu messen, die gemäß der Torsionsveränderung verändert wird, so daß der zu erhaltende Ausgangswert deshalb ebenfalls gering ist.

Es ist deshalb eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung eine Drehmomenterfassungsvorrichtung, nach dem Oberbegriff des Anspruches 1 zu schaffen, welche in der Lage ist genau und exakt sowohl Rotations- als auch statische Drehmomente zu erfassen bei gleichzeitiger Verminderung der Abmessungen der Vorrichtung.

Dieser Aufgabe wird durch die kennzeichnenden

Merkmale des Anspruches 1 gelöst.

Gemäß der vorliegenden Erfindung und angesichts der oben genannten Aufgabe und weiterer im Verlauf der Beschreibung angegebener Ziele weist eine erfindungsgemäße Drehmomenterfassungsvorrichtung, welche zwischen einer ersten und einer zweiten Welle angeordnet ist, die einander gegenüberliegend angeordnet sind (in opposed relation to each other), so daß ihre Achsen miteinander fluchten, zur Messung eines dazwischen aufgetragenen Drehmomentes, einen ersten Drehkörper verbunden mit der ersten Welle, um gemäß der Drehung der ersten Welle drehbar zu sein und einen zweiten Drehkörper verbunden mit der zweiten Welle auf, um gemäß der Drehung der zweiten Welle drehbar zu sein, wobei der zweite Drehkörper nahe bezüglich des ersten Drehkörpers angeordnet ist, so daß ein vorbestimmter Abstand bzw. Zwischenraum dazwischen ausgebildet ist. Weiterhin ist in der Drehmomenterfassungsvorrichtung eine Einrichtung zur Zufuhr eines magnetischen Feldes vorgesehen, um einen magnetischen Fluß zum Fließen durch einen ersten magnetischen Flußweg, welcher von einem Bereich des ersten Drehkörpers über den vorbestimmten Abstand zu einem Bereich des zweiten Drehkörpers läuft, zu verursachen, und um weiterhin einen magnetischen Fluß zu erzeugen, durch einen zweiten magnetischen Flußweg zu fließen, der von einem anderen Bereich des ersten Drehteiles über den vorbestimmten Abstand zu einem anderen Bereich des zweiten Drehkörpers läuft. Eine Einrichtung zur Änderung des magnetischen Flusses ist in Eingriff mit dem ersten und dem zweiten Drehkörper, um die Mengen der magnetischen Flüsse, welche durch den ersten magnetischen Flußweg und dem zweiten magnetischen Flußweg fließen in Übereinstimmung mit einer relativen Drehbewegung zu ändern, die zwischen der ersten und der zweiten Welle auftritt. Auch ist eine Signalerzeugungseinrichtung zur Erzeugung eines Signals vorgesehen, das den Unterschied zwischen der Menge des magnetischen Flusses, der durch den ersten magnetischen Flußweg fließt und der Menge des magnetischen Flusses, der durch den zweiten magnetischen Flußweg fließt, angibt, wobei das Signal dazu verwendet wird um das zwischen die erste und die zweite Welle aufgetragene Drehmoment zu erfassen. Vorzugsweise weist die Einrichtung zur Änderung des magnetischen Flusses eine erste und eine zweite mit Zähnen versehene Einrichtung (toothed means) auf, welche für den ersten magnetischen Flußweg vorgesehen sind und weist weiterhin eine dritte und eine vierte mit Zähnen versehene Einrichtung (toothed means) auf, die für den zweiten magnetischen Flußweg vorgesehen sind, wobei die erste und die zweite mit Zähnen versehene Einrichtung an dem ersten bzw. zweiten Drehkörper angeordnet ist, und die dritte und vierte mit Zähnen versehene Einrichtung an dem ersten bzw. zweiten Drehkörper angeordnet ist, wobei die erste und zweite mit Zähnen versehene Einrichtung eine Mehrzahl von Zahnabschnitten bzw. Zahnbereichen aufweist, wobei einige von ihnen angeordnet sind, um in einem einander gegenüberliegenden Verhältniss zu stehen, und die dritte bzw. vierte mit Zähnen versehene Einrichtung eine Mehrzahl von Zahnbereichen aufweist, deren Anzahl gleich zueinander ist, bzw. auch welche aufweist, die so angeordnet sind, um in einer gegenüberliegenden Beziehung bzw. Anordnung zueinander zu stehen, wobei der Anstieg und Abfall der magnetischen Flüsse, die durch den ersten und zweiten magnetischen Flußweg fließen, gemäß den Positionsverhältnissen zwischen den mehreren der

Zahnbereiche den ersten und zweiten gezahnten Einrichtung und zwischen den mehreren von Zahnbereichen der dritten und vierten gezahnten Einrichtung, erzeugt werden, was von dem Grad der relativen Drehbewegung abhängt, welche zwischen dem ersten und zweiten Drehkörper auftritt.

Das heißt, daß die Drehmomenterfassungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung so angeordnet ist, um zwei magnetische Kreise zu bilden und um das Drehmoment zwischen der ersten und der zweiten Welle auf der Grundlage der Differenz der magnetischen Flüsse zu messen, die durch den ersten und zweiten magnetischen Kreis fließen, was zum Erreichen eines hohen Ausgangswertes führt ungeachtet einer Größenverminderung. Da der Abstand, der zwischen dem ersten und zweiten Drehkörper gebildet ist, vollständig für die magnetische Kupplung verwendet wird, sogar wenn der Abstand in seiner Breite unregelmäßig wird, aufgrund einer radialen Last, die zwischen die erste und zweite Welle aufgebracht wird, kann weiterhin die Veränderung des magnetischen Widerstandes genau gemessen werden, was zu einer Verbesserung der Genauigkeit und Zuverlässigkeit führt.

Die Unteransprüche haben vorteilhafte Weiterbildungen der vorliegenden Erfindung zum Inhalt.

Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung unter Bezugnahme auf die Zeichnung.

Es zeigt:

Fig. 1 eine Teilschnittansicht einer Drehmomenterfassungsvorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 eine Darstellung einer Anordnung eines inneren Rotors;

Fig. 3A bis 3C Querschnittansichten entlang der Linien A-A, B-B bzw. C-C in Fig. 2;

Fig. 4 eine Darstellung einer Anordnung eines äußeren Rotors;

Fig. 5A bis 5C Querschnittansichten entlang der Linien A'-A', B'-B' bzw. C'-C' in Fig. 4;

Fig. 6 Darstellungen zum Beschreiben der Anordnungs- bzw. Positionsbeziehungen zwischen Zahnbereichen des inneren und äußeren Rotors;

Fig. 7 zeigt die Kopplungsbeziehung zwischen Erregerspulen und Detektorspulen eines Differenztransformators;

Fig. 8 bis 10 graphische Darstellungen zum Beschreiben der Beziehungen zwischen Erregerspannungen und Ausgangsspannungen;

Fig. 11 eine Anordnung einer Anschlagvorrichtung zur Begrenzung des Torsionswinkels eines Drehstabes, der zwischen einer Antriebswelle und einer Abtriebswelle angeordnet ist;

Fig. 12 ein Blockdiagramm, das die Anordnung eines Erfassungsschaltkreises zum Erhalt eines Ausgangssignales zeigt, das ein zu messendes Drehmoment angibt bzw. bezeichnet; und

Fig. 13 eine graphische Darstellung der Beziehung zwischen einem Drehmoment und einer Ausgangsspannung des Erfassungsschaltkreises.

Gemäß Fig. 1 ist eine Drehmomenterfassungsvorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dargestellt, welche in ein elektrisches Servolenkungssystem eines Kraftfahrzeuges eingebaut ist. Eine erste Welle 1, d. h. eine Antriebswelle, auf die eine Drehantriebskraft aufgebracht wird, weist involute Korbverzahnungsbereiche (involute serration portions)

auf und ist über ein Universalgelenk (nicht dargestellt) mit einem Lenkrad eines Kraftfahrzeuges verbunden. Eine zweite Welle 2, d. h. eine Abtriebswelle bzw. Ausgangswelle, weist einen Schrägverzahnungsbereich oder einen Schraubenverzahnungsbereich 5 auf, welcher mit einer Zahnstange in Eingriff gebracht wird bzw. kämmt (nicht dargestellt), um so die Räder des Kraftfahrzeuges zu lenken. Beide, die Antriebswelle 1 und die Abtriebswelle 2 sind von Lagern 7 bzw. 8 gestützt, um drehbar um deren Achsen zu sein und sind so angeordnet, um in einem Zwischenabschnitt 50 in voneinander getrennter gegenüberliegender Beziehung zueinander zu sein bzw. einander gegenüberzuliegen, mit einem vorbestimmten Abstand dazwischen. Die Antriebswelle 1 und die Ausgangswelle 2 weisen Langlöcher 40 auf, welche entlang ihrer Achsen ausgebildet sind und in denen ein Drehstab 3 fest zu beiden der Antriebswelle 1 und der Abtriebswelle 2 mittels Stiften 6 befestigt ist. Dieser Drehstab 3 wird zwischen der Antriebswelle 1 und der Abtriebswelle 2 verdreht, um ein Drehmoment auf der Basis des Torsionswinkels zu erfassen. Ein Gehäuse 9 ist fest mit einem kraftfahrzeugseitigem Zahnstangengehäuse (nicht dargestellt) verbunden und ein Öldichtungsbereich 10 ist vorgesehen um ein Eindringen von Wasser und dergleichen zu verhindern.

Auf die Antriebswelle 1 ist ein innerer Rotor befestigt, d. h. ein erster Drehkörper 11, der einen magnetischen Schaltkreis bildet, und an der Ausgangswelle 2 ist ein äußerer Rotor befestigt, d. h. ein zweiter Drehkörper 12. Der innere und der äußere Rotor 11 und 12 sind oben und unten (up and down) angeordnet, um in einander gegenüberliegender Stellung mit einem vorbestimmten Abstand bzw. Zwischenraum 26 dazwischen angeordnet zu sein. Weiterhin ist an der Außenseite des Rotors 12 ein Stator 14 angeordnet, der Erregerspulen 17-a und 18-a und Detektorspulen 17-b und 18-b mit einem vorbestimmten Abstand 27 dazwischen aufweist. Der Stator 14 ist als ein Differenztransformator (differential transformer) aufgebaut, der als eine Einrichtung zum Zuführen eines magnetischen Feldes und als eine Signalerzeugungseinrichtung wirkt.

Wie in Fig. 2 gezeigt, weist der fest an der Antriebswelle 1 befestigte innere Rotor 11 drei magnetische Körper 11-a, 11-b und 11-c, deren Querschnitte, die entlang der Linien A-A, B-B und C-C in Fig. 2 genommen sind, in den Fig. 3A, 3B bzw. 3C dargestellt sind. Die magnetischen Körper 11-a und 11-c weisen an ihren Umfängen in gleichem Abstand angeordnete Zahnbereiche 25 auf, die so angeordnet sind, daß sie einen Unterschied von einer halben Steigung (pitch) voneinander haben. Andererseits ist das magnetische Teil 11-b in Form eines Ringes ausgebildet und weist keine Zahnbereiche an seinem Umfang auf. Die Durchmesser der magnetischen Körper 11-a, 11-b bzw. 11-c sind so angeordnet, um einander in den Abmessungen gleich zu sein. In dieser Ausführungsform ist die Anzahl der Zahnbereiche 25 gleich 10, um eine Steigung von 36° vorzusehen, was ein Wert sein kann, der dem über zweifachen des maximalen Torsionswinkels des Drehstabes 3, der ein elastisches Teil aufweist, entspricht. Der maximale Torsionswinkel ist ein Winkel, der von einem Anschlag bestimmt wird, der später beschrieben werden wird.

Fig. 4 ist eine Teilschnittansicht, die eine Anordnung des äußeren Rotors 12 zeigt. In Fig. 4 ist der äußere Rotor fest mittels Schrauben 22 und Platten 21 mit einem ringförmigen Teil 15 verbunden, das wiederum an der Ausgangswelle 2 fest befestigt ist. Der äußere Rotor

12 ist aus drei magnetischen Körpern 12-a, 12-b, 12-c und nichtleitenden, nichtmagnetischen Zwischenstücken 16 aufgebaut, die entsprechend zwischen den drei magnetischen Körpern 12-a, 12-b bzw. 12-c angeordnet sind. Die Querschnitte der drei magnetischen Körper 12-a, 12-b und 12-c, welche entlang der Linien A'-A', B'-B' und C'-C' in Fig. 4 genommen wurden, sind in den Fig. 5A, 5B bzw. 5C dargestellt. Die magnetischen Körper 12-a und 12-c haben jeweils Zahnbereiche 28, welche so angeordnet sind, um in einer gegenüberliegenden Stellung der Zahnbereiche der magnetischen Körper 11-a, 11-c des inneren Rotors 11 zu liegen, wobei deren Steigung 36° beträgt, welche gleich jener des inneren Rotors 11 ist. Die Phasen (phases) bzw. Stufen der Zahnbereiche 28 der magnetischen Körper 12-a und 12-c stimmen miteinander überein. Der magnetische Körper 12-b ist in Form eines Ringes ausgebildet, so daß sein innerer und äußerer Durchmesser in der Größe gleich jenen der magnetischen Körper 12-a und 12-c ist. Die Zwischenstücke 16 sind vorgesehen um einen magnetischen Fluß zwischen den magnetischen Wegen (magnetischer Kurzschluß) zu verhindern.

Der Stator 14, wie in Fig. 1 gezeigt, weist die Erregerspulen 17-a, 18-a, die Detektorspulen 17-b, 18-b, Spulen 19 und Kerne 20, 29 von im wesentlichen E-förmigen Querschnitt auf. Die Erregerspule 17-a, die Detektorspule 17-b und die Erregerspule 18-a und die Detektorspule 18-b sind unabhängig voneinander auf die Spulen 19 derart aufgewickelt, daß die Achsen der entsprechenden Spulen und die Achse der Antriebswelle 1 miteinander übereinstimmen. Die Kerne 20, 29, die einen magnetischen Kreis bilden, sind an der inneren Umfangsfläche des Gehäuses 9 angeordnet. In Antwort auf einen Strom, der durch die Erregerspulen 17-a und 18-a fließt, werden zwei magnetische Kreise darin ausgebildet. Aufgrund der Zahnbereiche 25, 28 des inneren Rotors 11 und des äußeren Rotors 12 und aufgrund der relativen Stellung zueinander, variiert der Grad der magnetischen Kupplung in dem Zwischenraum 26, d. h. die Ausgangsspannungen in den Detektorspulen 17-b und 18-b ändern sich, da der magnetische Widerstand des magnetischen Weges in dem Zwischenraum 26 geändert wird, wenn die Relativstellung der Zahnbereiche 28 zu den Zahnbereichen 25 sich in dem Zwischenraum 26 ändert und der magnetische Fluß, der durch den magnetischen Widerstand fließt sich ändert, so daß der magnetische Fluß und die Detektorspulen sich einander kreuzen.

Wie in den Fig. 2 und 4 gezeigt, sind an der Antriebswelle 1 und der Ausgangswelle 2 weiterhin Anschläge 30 und 31 vorgesehen, welche, wie aus Fig. 11 ersichtlich, in Berührung miteinander kommen, wenn der Drehstab 3 um einen vorbestimmten Winkel verdreht ist, um den Verdrehbetrag zu begrenzen, so daß ein Drehmoment direkt von der Antriebswelle 1 auf die Abtriebswelle 2 übertragen werden kann. Fig. 11 ist eine Schnittansicht, die die Lagebeziehung zwischen den Anschlägen 30 und 31 zeigt, und ist entlang der Linie Z-Z in Fig. 1 genommen. In Fig. 11 kann der Rotationswinkel θ , der zu der Berührung des Anschlages 30 und des Anschlages 31 miteinander führt, kleiner als $1/2$ der Steigung der Zahnbereiche 25 und 28 des inneren Rotors 11 und äußeren Rotors 12 bestimmt werden (beispielsweise unter 18° in dieser Ausführungsform). Während der innere Rotor 11 und der äußere Rotor 12 zusammengedreht werden, wenn die Anschläge 30 und 31 miteinander in Berührung gebracht sind, wird hier die relative Lagebeziehung zwischen den Zahnbereichen

28, 25 nicht geändert, was zu keiner Änderung der Ausgangsspannungen der Detektorspulen 17-b und 18-b des Stators 14 führt. Solch ein Mechanismus, der die Anschläge 30 und 31 aufweist, verhindert, daß ein exzessives und schnelles Drehmoment auf den Drehstab 3 aufgebracht wird und erlaubt eine Handbetätigung im Falle des Ausfalls des Systems.

Fig. 6 zeigt Schnittansichten entlang der Linie X-X und Schnittansichten entlang der Linie Y-Y in Fig. 1, um die Unterschiede der relativen Lagebeziehungen zwischen den Zahnbereichen 28, 25 zu beschreiben, basierend auf der relativen Torsion des inneren Rotors 11 und des äußeren Rotors 12. Zur besseren Darstellung sind die Windungen usw. nicht dargestellt. Bei fehlender Torsion des Drehstabes (0 Grad), wird in der X-X Schnittansicht (eine Schnittansicht des Zwischenraumes 26) der magnetische Körper 11-a des inneren Rotors 11 im Gegenuhrzeigersinn um 9° bezüglich des magnetischen Körpers 12-c des äußeren Rotors 12 verschoben, und in der Y-Y Schnittansicht (eine weitere Schnittansicht des Zwischenraumes 26) ist der magnetische Körper 11-c des inneren Rotors 11 im Uhrzeigersinn um 9° bezüglich des magnetischen Körpers 12-a des äußeren Rotors verschoben. Zu diesem Zeitpunkt sind die Grade der magnetischen Kupplung in den Fällen des X-X Schnittes und des Y-Y Schnittes zueinander gleich. Danach werden in Antwort auf eine Verdrehung des Drehstabes 3 im Uhrzeigersinn um 9° (+ 9 Grad) im X-X Schnitt die entsprechenden magnetischen Körper derart positioniert, daß die Zahnbereiche in ihrer Stellung miteinander übereinstimmen, um den maximalen Grad der magnetischen Kopplung zu erreichen. Weiterhin werden in dem Y-Y Schnitt die entsprechenden magnetischen Körper so positioniert, daß die Zahnbereiche des einen der magnetischen Körper in einer gegenüberliegenden Lagebeziehung (opposed relation) zu den konkaven Bereichen zwischen den Zahnbereichen des anderen magnetischen Körpers sind, um den Minimumgrad der magnetischen Kopplung zu erreichen. Wenn auf der anderen Seite in dem X-X Schnitt im Gegenuhrzeigersinn um 9° (-9 Grad) gedreht wird, nimmt der Grad der magnetischen Kopplung ein Minimum an und in dem Y-Y Schnitt nimmt der Grad der magnetischen Kopplung ein Maximum an. Hier in Fig. 6 sind die Zahnbereiche der magnetischen Körper 11-a und 12-c als eine erste und zweite Zahneinrichtung angeordnet und die Zahnbereiche der magnetischen Körper 11-c und 12-a sind als dritte und vierte Zahneinrichtungen angeordnet.

Fig. 7 zeigt eine Windungsanordnung der Detektorspulen 17-b und 18-b, welche gleich jener eines herkömmlichen Differenztransformators ist. Die Erregerspulen 17-a und 18-a sind in der Windungsrichtung miteinander übereinstimmend und in Serie miteinander verbunden, und die Detektorspulen 17-b und 18-b erreichen den Differenz Ausgang. Hier wird die Erregerspannung mit V_{in} bezeichnet und die Ausgangsspannungen der Detektorspulen 17-b und 18-b als V_1 bzw. V_2 und die Differenz Ausgangsspannung als V_{12} bezeichnet.

Die Fig. 8 bis 10 sind Darstellungen der Ausgangsspannungen in den Lagebeziehungen in Fig. 6. Fig. 8 zeigt die Ausgangsspannung im Falle fehlender Torsion (0 Grad), wobei die obere Darstellung die Erregerspannung V_{in} (Sinuswellenspannung) und die untere Darstellung die entsprechenden Ausgangsspannungen V_1 , V_2 und die Differenz Ausgangsspannung V_{12} zeigt. Da der magnetische Kreis zwischen Erregerspule 17-a und der Detektorspule 17-b und der magnetische Kreis zwi-

schen der Erregerspule 18-a und der Detektorspule 18-b bezüglich des Grades der magnetischen Kopplung zueinander gleich sind, nimmt die Differenz Ausgangsspannung den Wert Null durch Auslöchen (cancelling) an.

Fig. 9 zeigt den Fall der Drehung um 9° im Uhrzeigersinn (+ 9 Grad). Im X-X Schnitt nimmt der Grad der magnetischen Kopplung ein Maximum an. Das heißt, die Ausgangsspannung V_2 der Detektorspule 18-b nimmt das Maximum an und auf der anderen Seite nimmt die Ausgangsspannung V_1 der Detektorspule 17-b das Minimum an. Zu dieser Zeit wird die Differenz Ausgangsspannung V_{12} wie in Fig. 9 dargestellt, erzeugt. Fig. 10 zeigt den Fall der Torsion um 9° in Gegenuhrzeigerrichtung. In diesem Fall nimmt die Ausgangsspannung der Detektorspule 17-b das Maximum und die Ausgangsspannung V_2 der Detektorspule 18-b das Minimum an und ungleich dem Fall von Fig. 9 wird die Differenz Ausgangsspannung V_{12} wie in Fig. 10 gezeigt, erzeugt. Da der Drehstab 3 aufgrund der Erzeugung eines Drehmomentes verdreht wird, ändern sich Amplitude und Phase der Differenz Ausgangsspannung V_{12} in Übereinstimmung mit dem Torsionswinkel. Die Größe und Richtung des Drehmomentes kann auf der Basis der Amplitude und deren Richtung erfaßt werden.

Fig. 12 zeigt einen Erfassungs- bzw. Erkennungsschaltkreis zum Verarbeiten der Differenz Ausgangsspannung. Dieser Schaltkreis ist so angeordnet, um die Differenz Ausgangsspannung synchron mit den Erregungsfrequenzen der Erregungsspulen 17-a und 18-a zu integrieren. Die Frequenz eines Brückenschaltkreises 32 vom H-Typ (H-type bridge circuit) zur Zufuhr einer Spannung zu den Erregerspulen 17-a und 18-a wird gemäß dem Ausgang eines Oszillators 33 bestimmt. Ein Bereich der Differenz Ausgangsspannung, welche von einem Verstärker 35 verstärkt ist, wird mittels eines Synchronisierungsdetektors (synchronizing detector) 36 synchron mit dem Ausgang des Oszillators 33 herausgenommen bzw. abgegriffen und dann in einem Integrator 37 integriert. Der Ausgang des Integrators 37 wird für eine vorbestimmte Zeitdauer in einem Sammel- und Halteschaltkreis 38 gehalten, von dem die Ausgangsspannung wiederum abgeleitet wird. Ein Rücksetzschaltkreis 34 (reset circuit) zum Zurücksetzen des Integrators 37 wird synchron mit dem Ausgang des Oszillators 33 betätigt. Wenn hier nur der Plusbereich der Erregerspannung V_{in} integriert wird, in dem Intervall T gemäß Fig. 8 bis 10, wird die Differenz Ausgangsspannung V_{12} erfaßt und integriert.

Fig. 13 zeigt einen aktuell gemessenen Wert der Ausgangsspannung des Detektorschaltkreises von Fig. 12, wobei die horizontale Achse ein Drehmoment und die vertikale Achse die Ausgangsspannung des Detektorschaltkreises darstellt. Hierbei ist der Grund dafür, daß die Ausgangsspannung bezüglich des Drehmomentes konstant ist, derjenige, daß die Torsion aufgrund der Anschläge 30, 31, die miteinander in Berührung kommen, begrenzt ist, und der Grund, daß die Ausgangsspannung und das Drehmoment in einer nichtlinearen Beziehung zueinander stehen, ist der, daß der Grad der magnetischen Kopplung (permeance) in Form einer Sinuswelle sich ändert. Hierbei ist das Vorsehen des Integrators in dem Detektorschaltkreis vorteilhaft im Sinne von Schutz gegen Einführen bzw. Auftreten von Rauschen (noise). Weiterhin kann zum Verhindern eines Rauschens es geeignet sein, daß ebenso bei einem konventionellen Differentialtransformators die Windungsrate zwischen der Erregerspule und der Detektorspule bis zu einem Vielfachen erhöht ist, um die Differenz aus-

gangsspannung zu erhöhen.

Es wird darauf hingewiesen, daß die bisherigen Ausführungen sich nur auf eine bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beziehen. Modifikationen und Änderungen sind jedoch im Rahmen der Erfindung möglich. Beispielsweise ist, obwohl in dieser Ausführungsform eine Sinuswellenspannung als Erregerspannung verwendet wird, es ebenfalls möglich, eine zahnförmige Wellenspannung oder eine dreieckförmige Wellenspannung zu verwenden. Weiterhin ist, obwohl in der vorstehenden Ausführungsform die Steigung der Zahnbereiche des inneren und äußeren Rotors auf 36° festgesetzt ist, es ebenso erlaubt, daß der Winkel nicht begrenzt wird, wenn er über zweimal so groß ist wie der maximale Torsionswinkel des Drehstabes, d. h., der Torsionswinkel bei dem die Anschläge 30 oder 31 einander berühren. Zusätzlich ist die Ausbildung eines jeden der Zahnbereiche des inneren und äußeren Rotors nicht begrenzt, wenn dies eine Änderung magnetischen Widerstandes verursacht. Weiterhin ist es möglich die Drehmomenterfassungsvorrichtung so anzuordnen, daß der äußere Rotor auf der Antriebswelle und der innere Rotor auf der Abtriebswelle angeordnet sind.

Weiterhin ist es, obwohl in der vorbeschriebenen Ausführungsform die Zahnbereiche eines jeden der magnetischen Körper des inneren Rotors um 18° in Phase bezüglich jeder des anderen magnetischen Körpers verschoben werden und die Zahnbereiche der magnetischen Körper des äußeren Rotors übereinstimmend in Phase sind miteinander, ebenso möglich, wenn der Grad der magnetischen Kopplung eines der magnetischen Kreise angehoben ist und der Grad der magnetischen Kopplung des anderen magnetischen Kreises verringert wird, die Zahnbereiche des inneren Rotors gleich in Phase zueinander sind und die Zahnbereiche eines magnetischen Körpers des äußeren Rotors um die halbe Steigung in Phase bezüglich jener des anderen magnetischen Körpers verschoben werden. Zusätzlich, obwohl in der oben beschriebenen Ausführungsform die magnetischen Körper 11-b und 12-b des inneren Rotors und des äußeren Rotors entsprechend zylindrisch ausgeformt sind, so daß der magnetische Widerstand nicht in Antwort auf ein Verdrehen des Drehstabes verändert wird, ist es ebenso möglich, daß einer von ihnen so angeordnet ist, Zahnbereiche zu haben, da der magnetische Widerstand dadurch nicht verändert wird. Das heißt, daß der innere Rotor so angeordnet werden kann, daß er nur einen zylindrischen Körper aufweist, der mit Zähnen in einer Steigung von 36° versehen ist und dessen axiale Länge gleich der axialen Gesamtlänge der drei magnetischen Körper 11-a, 11-b und 11-c ist, wenn der äußere Rotor so angeordnet ist, daß die magnetischen Körper 12-a, 12-c des äußeren Rotors unterschiedlich in Phase voneinander sind und der zylindrische magnetische Körper 12-b dazwischen angeordnet ist, wie in Fig. 5 gezeigt. Weiterhin ist es, obwohl oben beschrieben nur der Plusbereich der Erregerspannung V_{in} integriert wird, ebenso möglich, nur den Minusbereich davon zu integrieren oder beide Bereiche Plus und Minus zu integrieren. Weiterhin ist es ebenso möglich, daß ein Magnet verwendet wird als Einrichtung zur Zuführung eines magnetischen Feldes und ein Hall-Element oder ein magnetisches Widerstandselement wird als Signal-erzeugungseinrichtung verwendet.

3816234

1/9

Nummer:

• Int. Cl. 4:

• Anmeldetag:

Offenlegungstag:

Fla.: 24 : 24

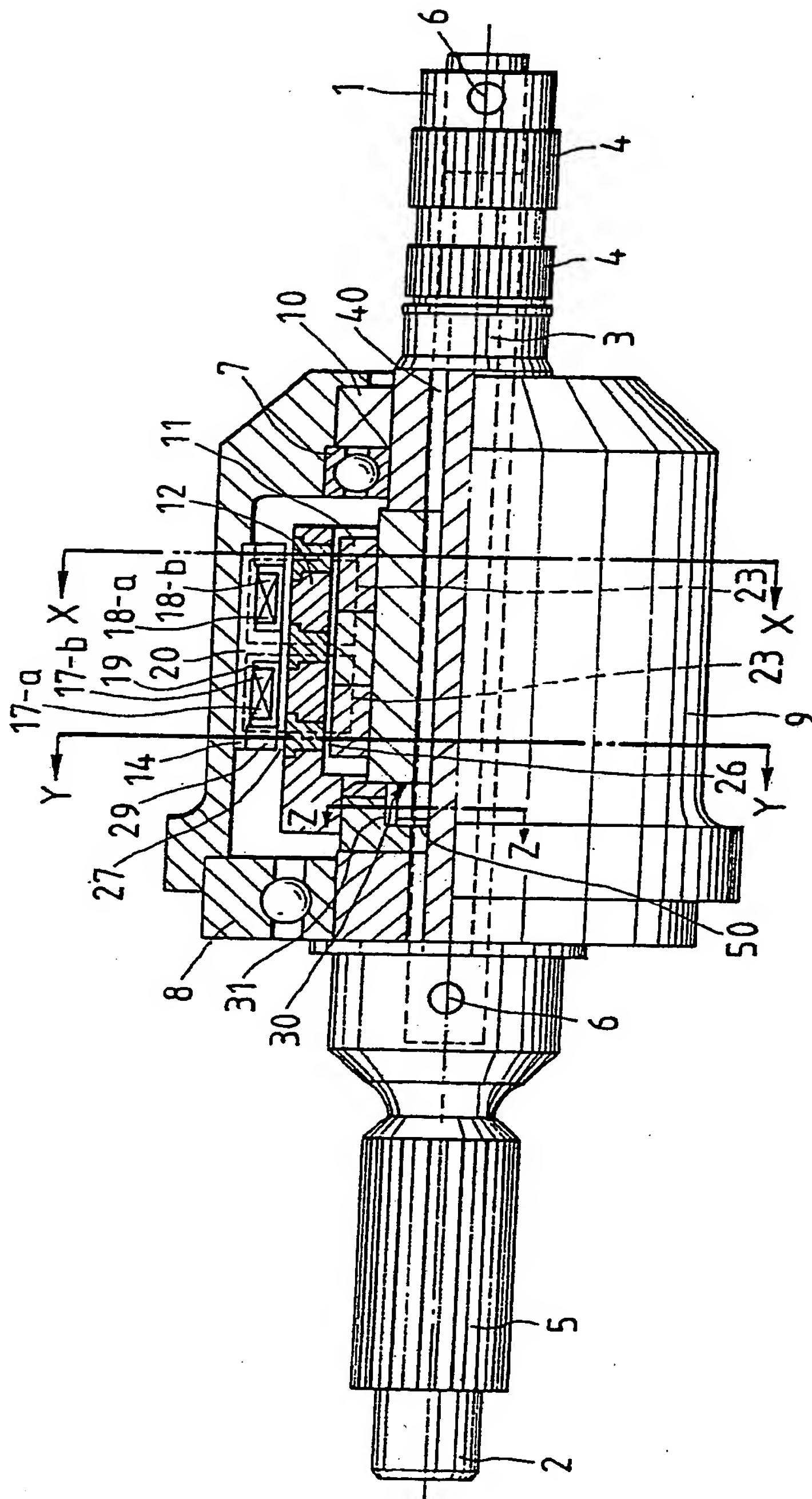
38.16.234

G 01 L 3/08

11. Mai 1988

15. Dezember 1988

FIG. 1



808 850/502

FIG. 2

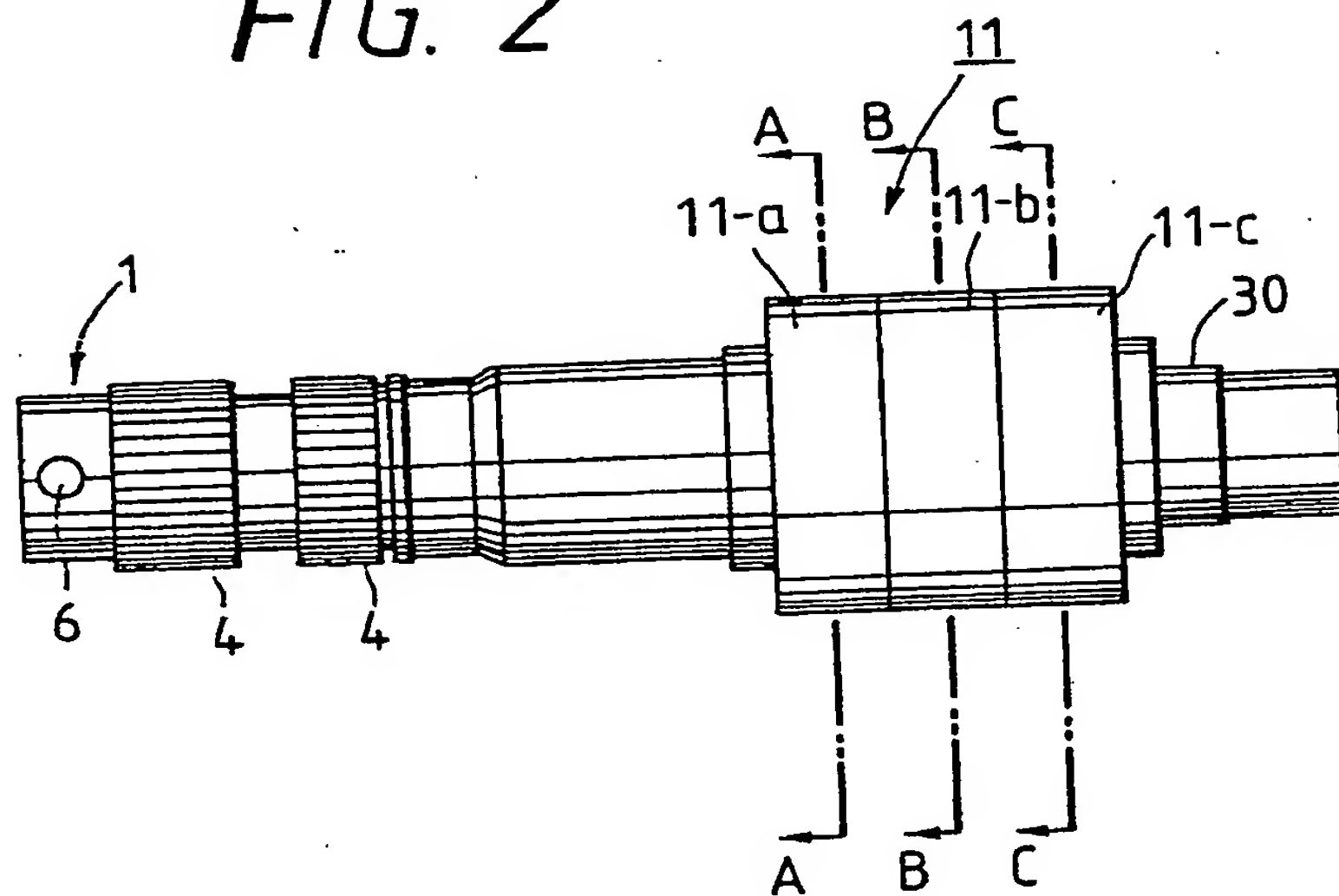


FIG. 3A

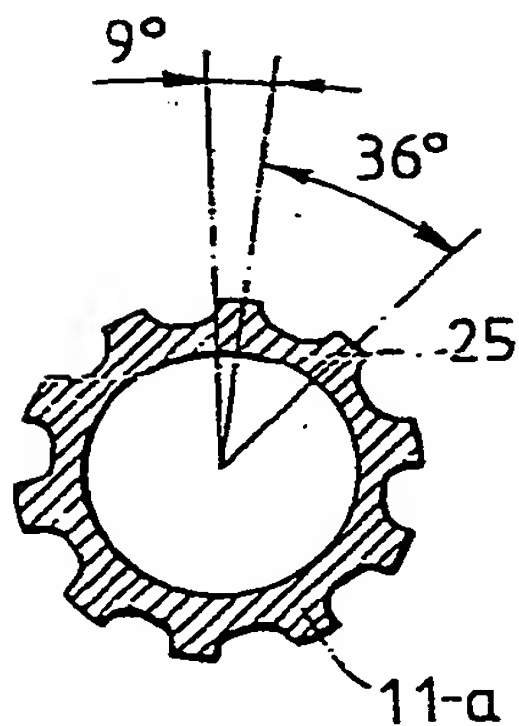


FIG. 3B

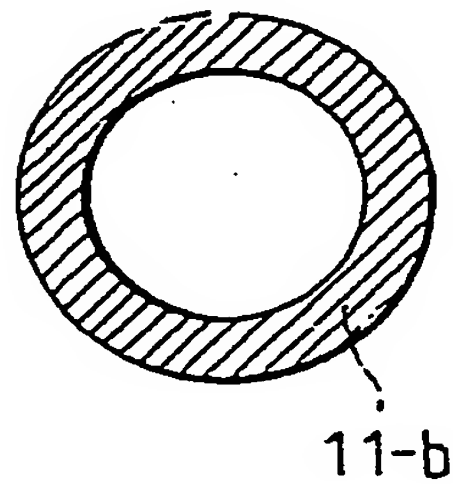


FIG. 3C

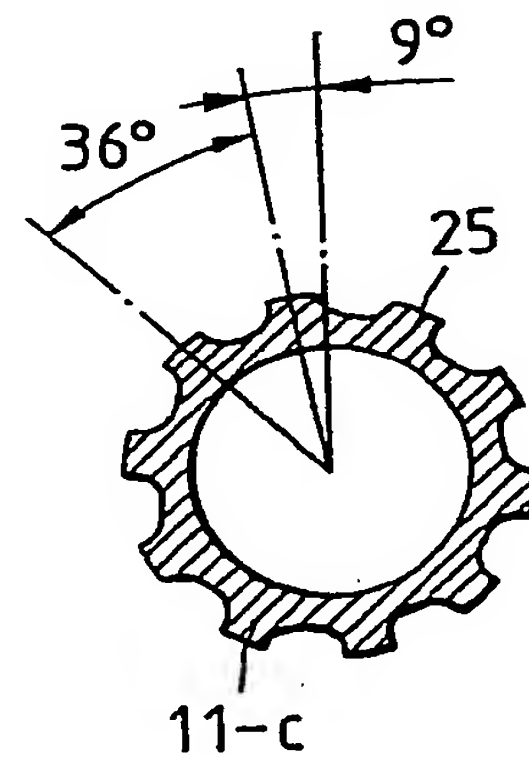


FIG. 4

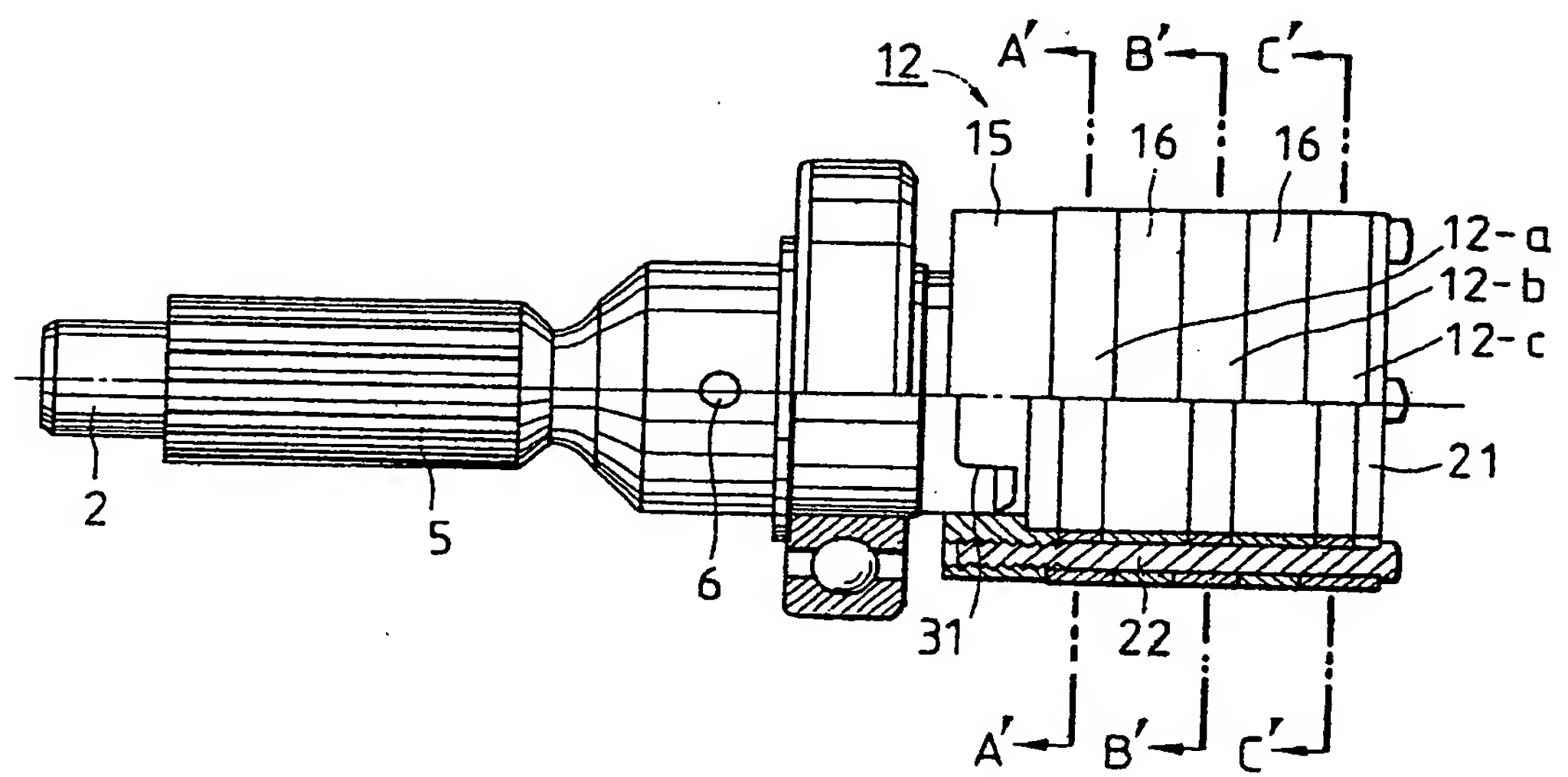


FIG. 5A

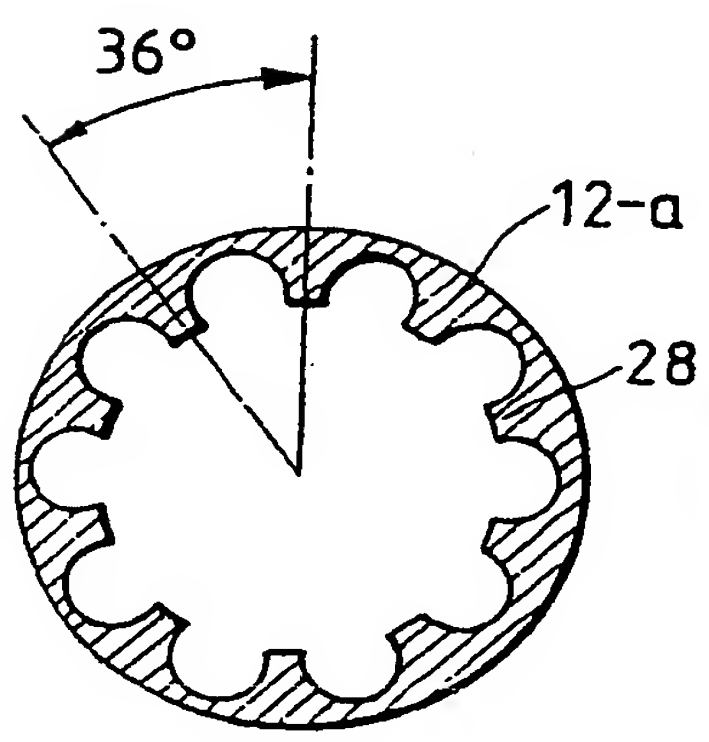


FIG. 5B

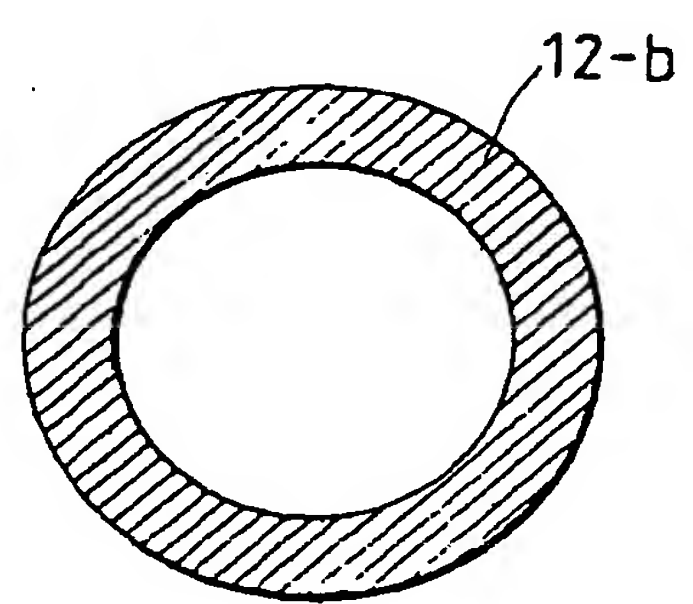
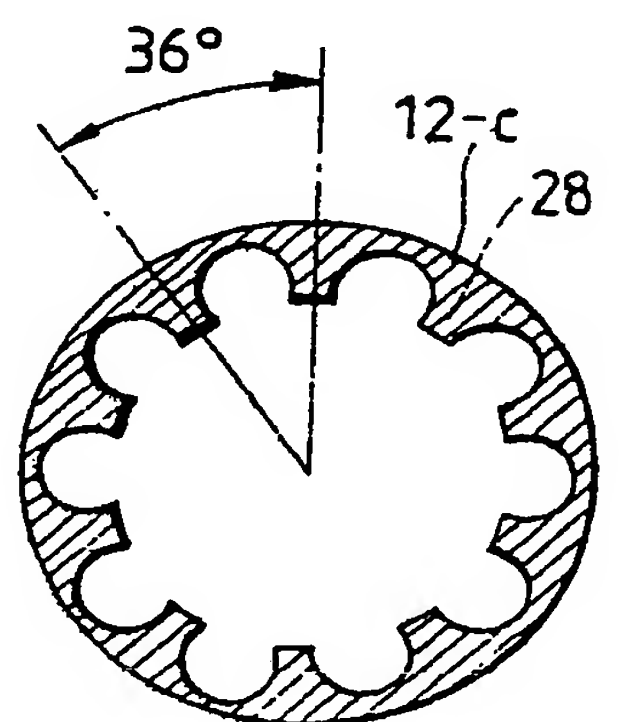


FIG. 5C



3816234

FIG. 6

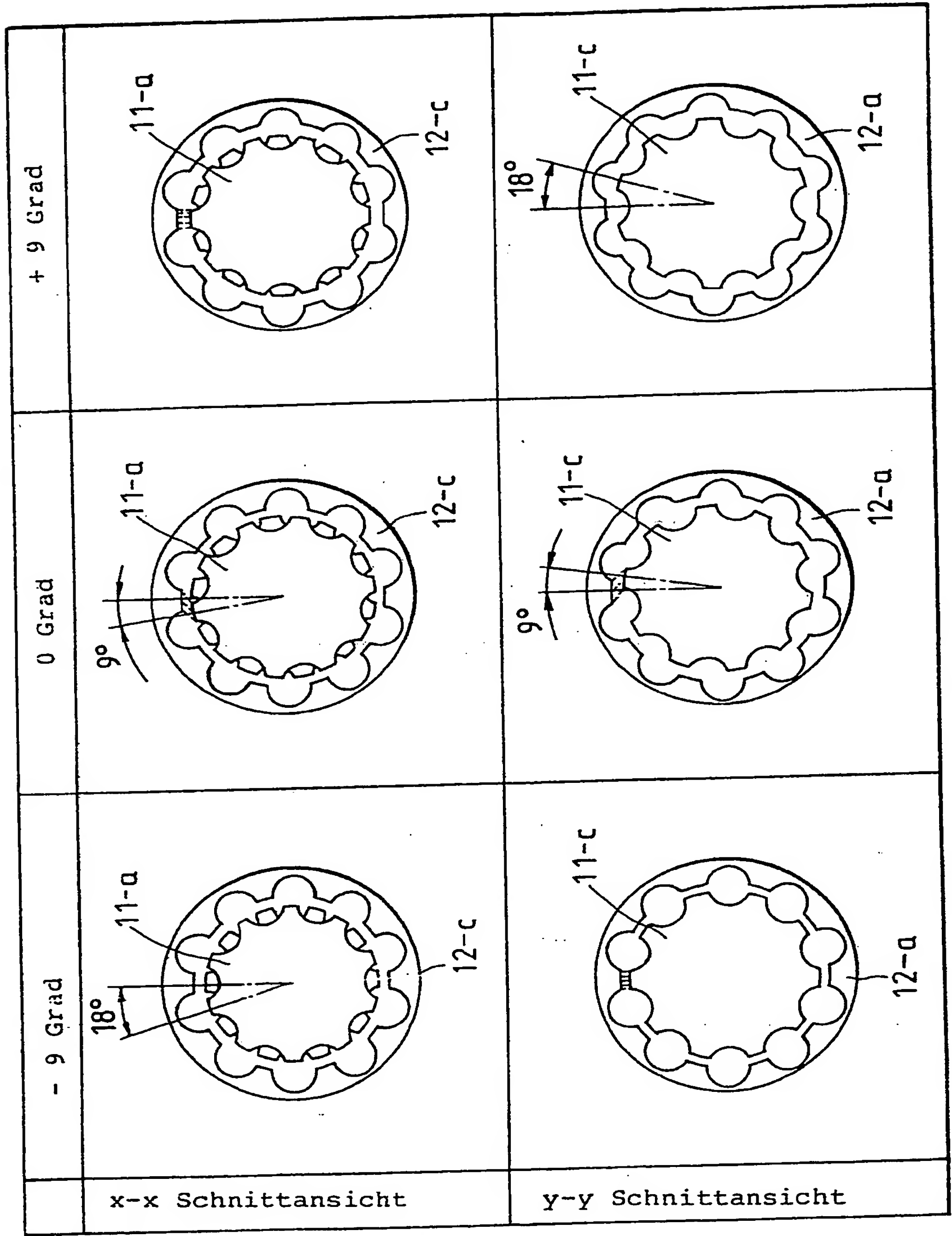


FIG. 7

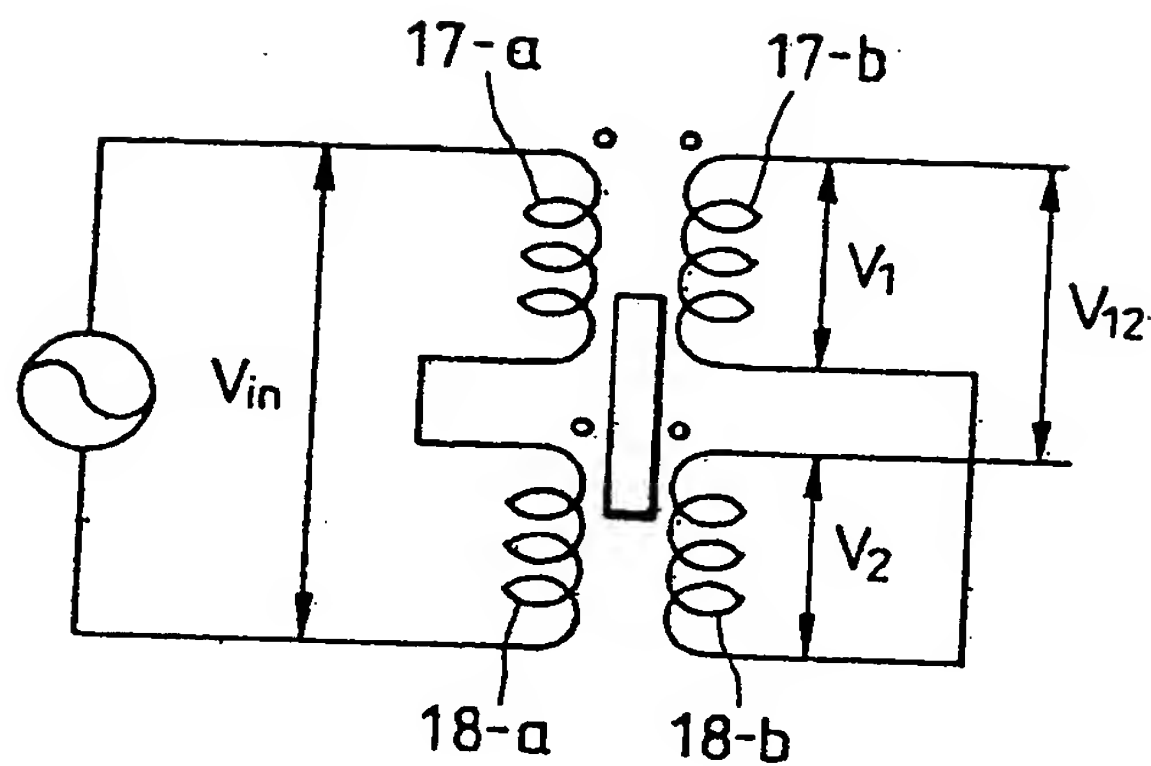


FIG. 11

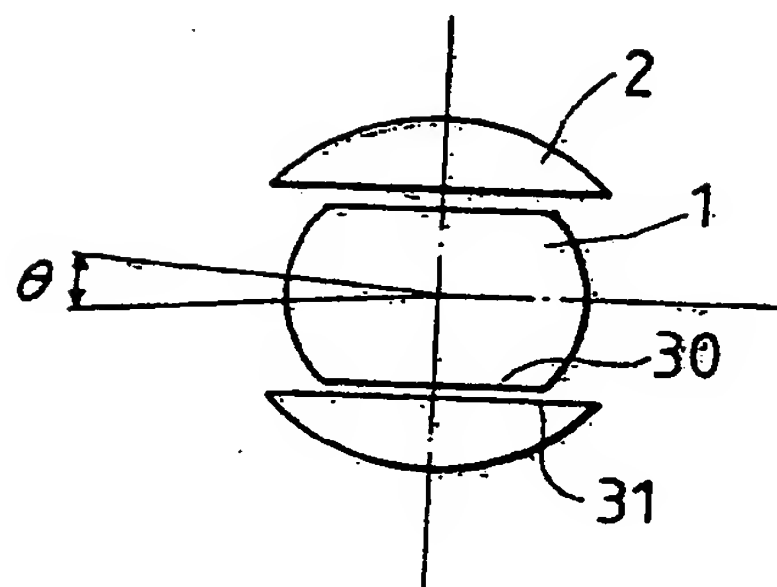
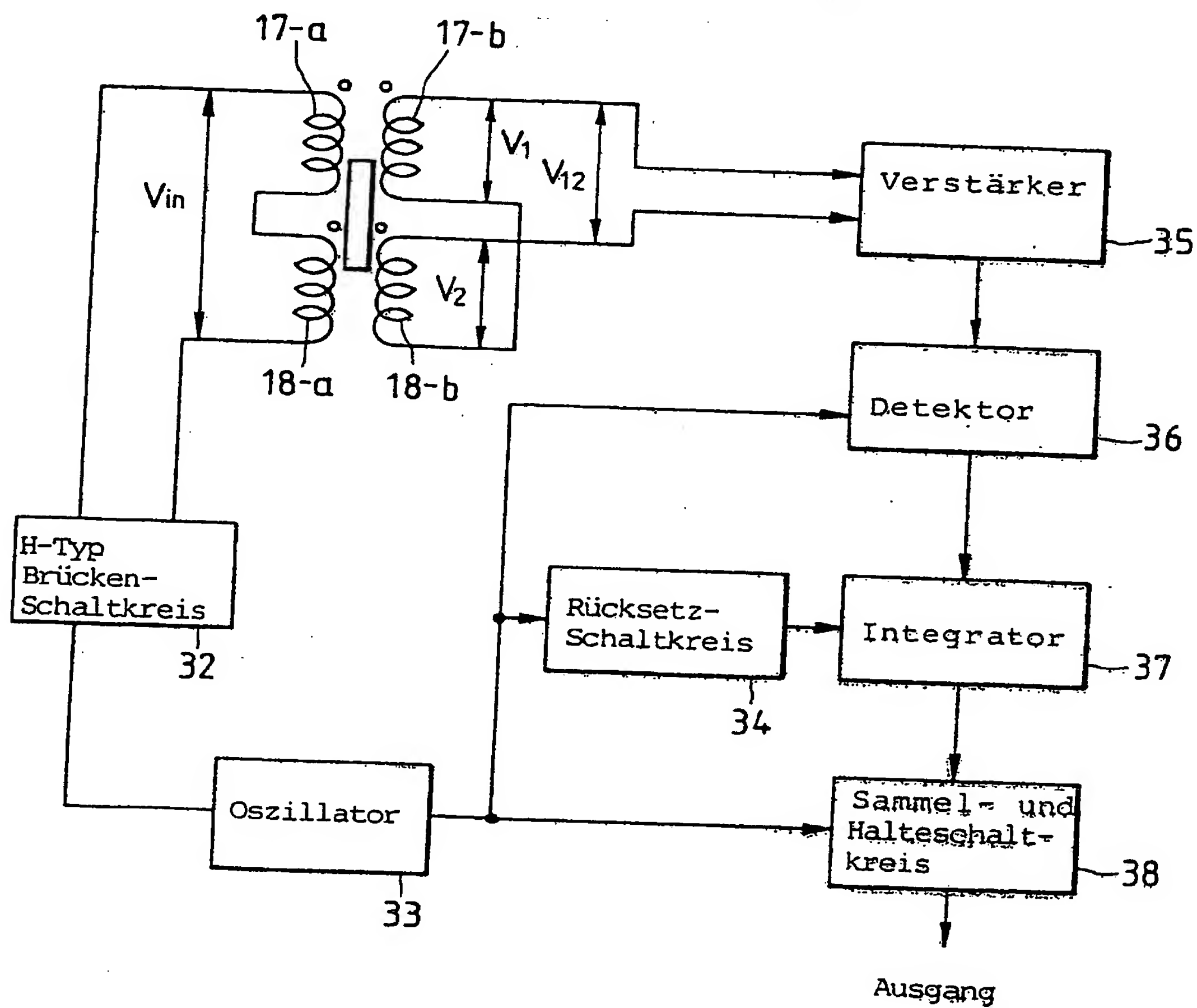


FIG. 12



3816234

6/9

FIG. 8

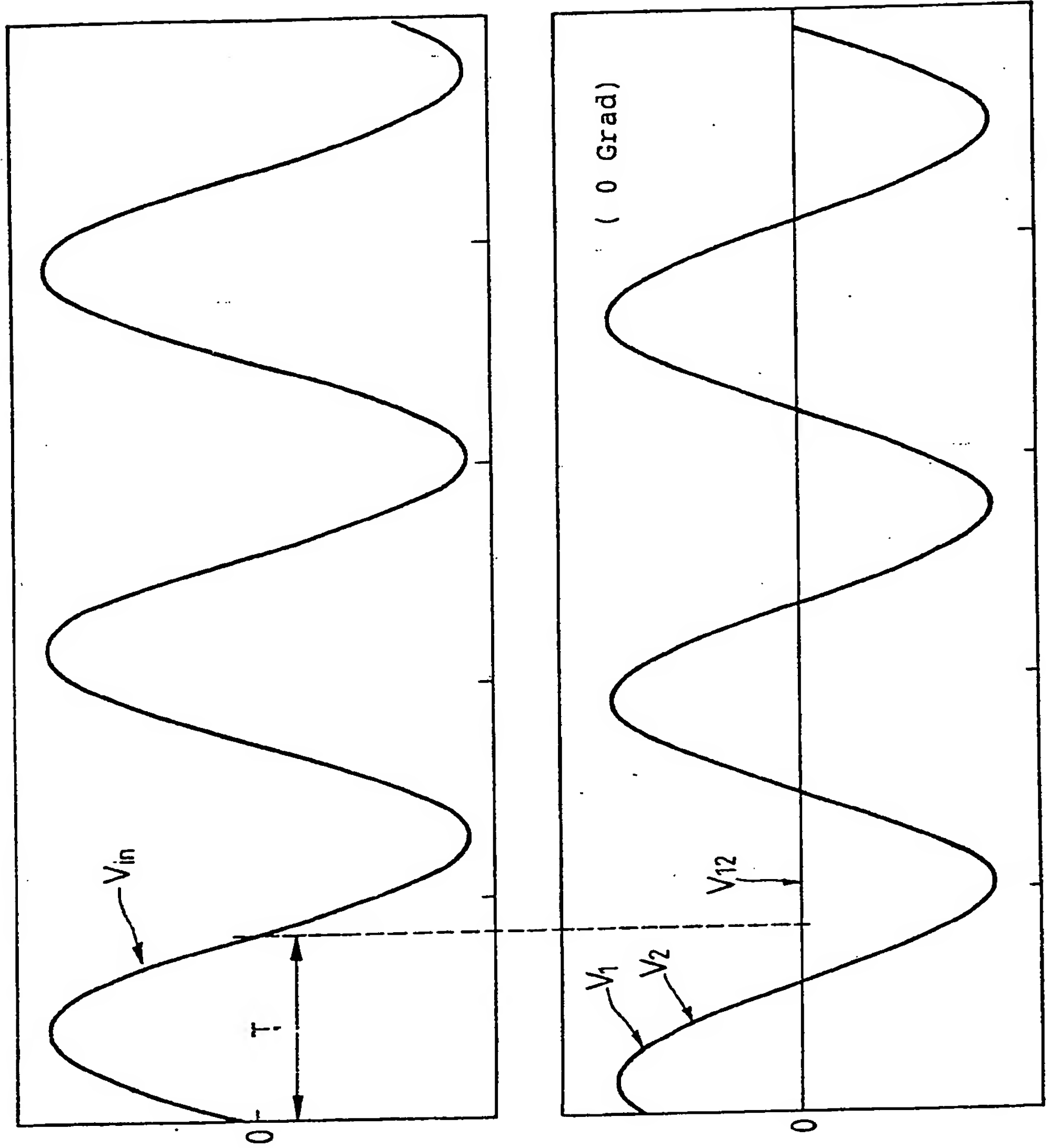


FIG. 9

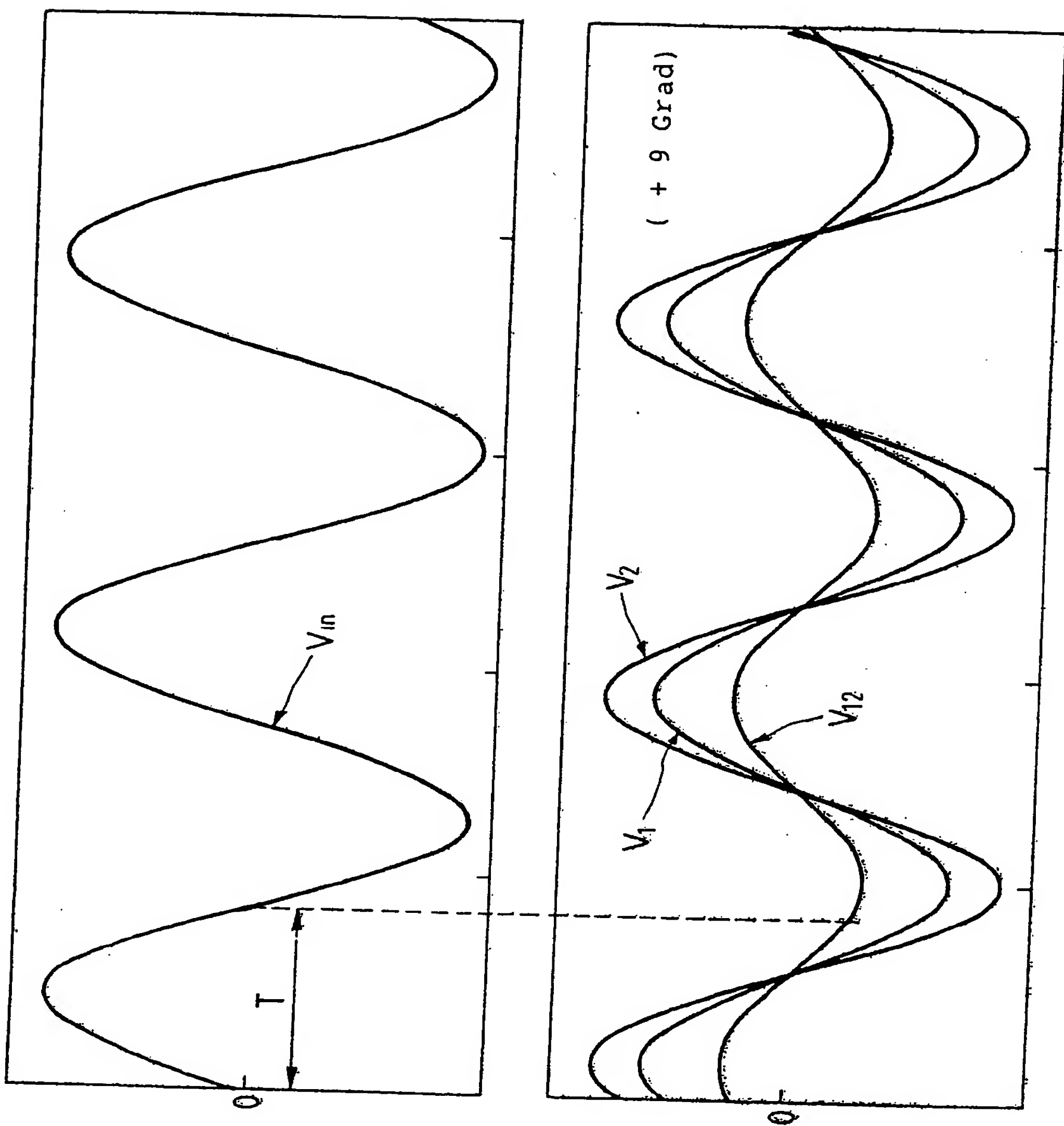
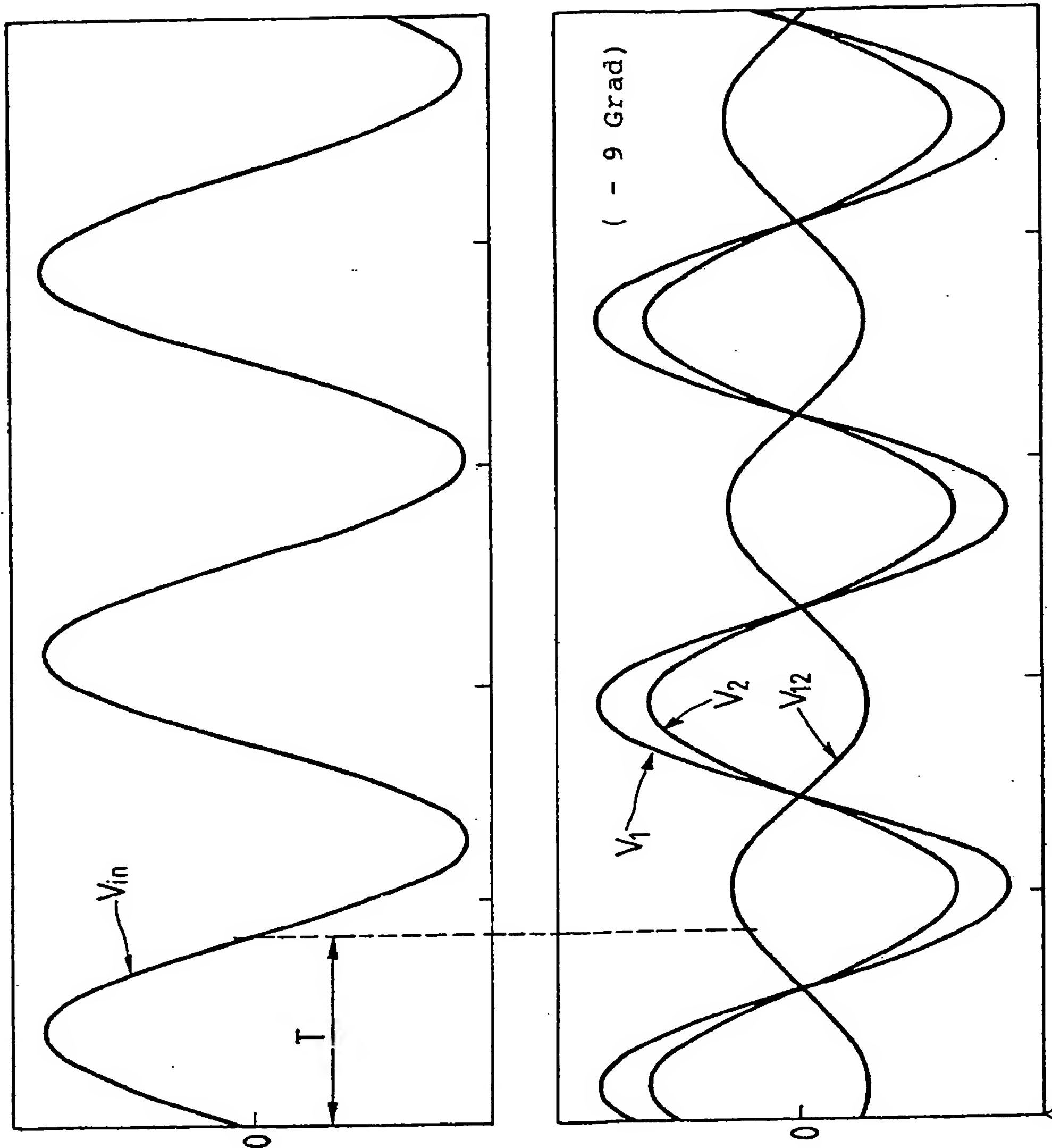


FIG. 10

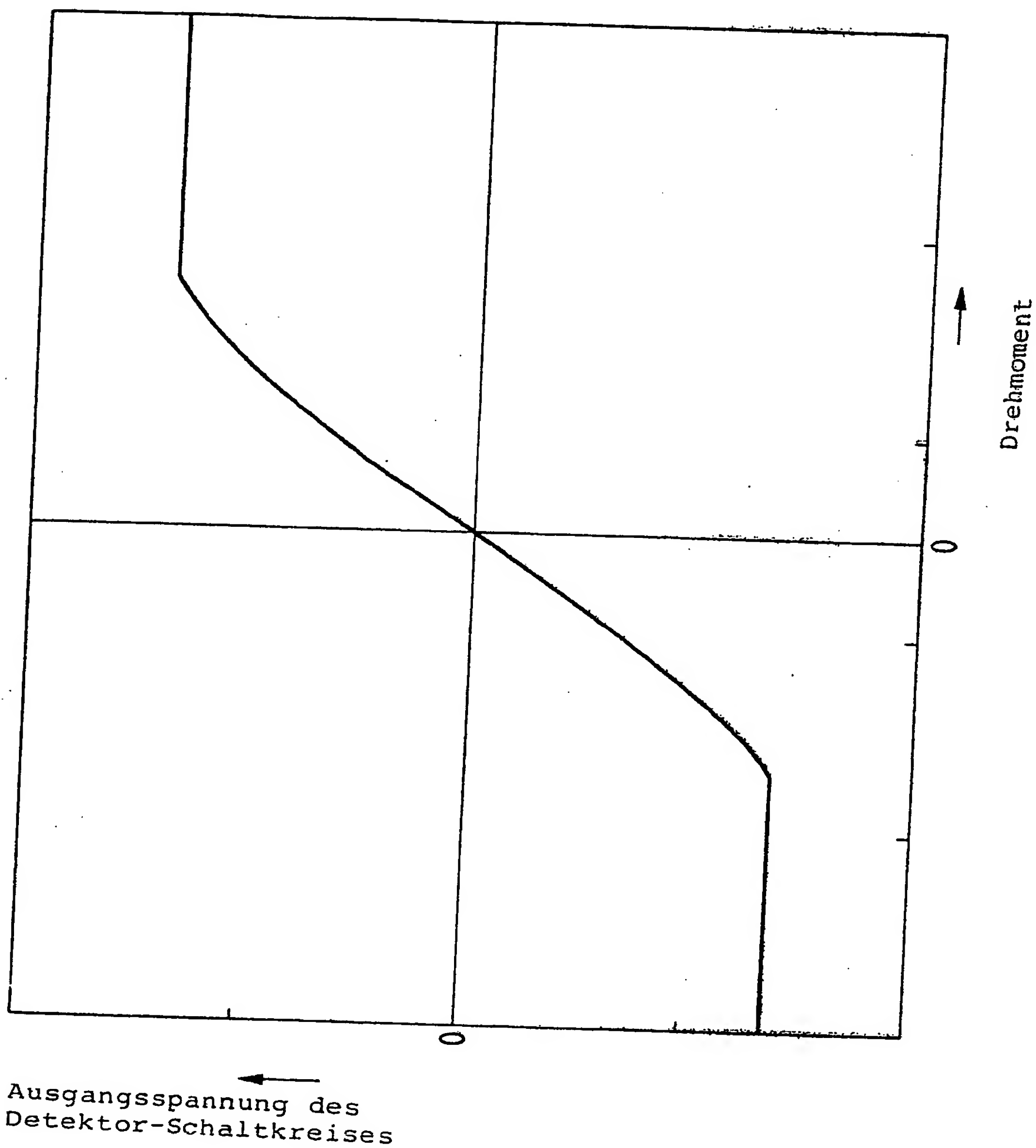


25 08 88

3816234

32

FIG. 13



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE IS BLANK (USP 10)